

波音 737-500 飞机活动风挡维修程序的设计

徐伟琦

指导教师 林辉 副教授

厦门大学

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 2005182001

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

波音 737-500 飞机活动风挡维修程序的设计

The Design Of 737-500 Aircraft Windshield

Maintenance Program

徐 伟 琦

指导教师姓名: 林辉 副教授

专 业 名 称: 仪 器 仪 表

论文提交日期: 2009 年 月

论文答辩时间: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(厦门航空有限公司机务部基地分部风挡维修部件修理)课题(组)的研究成果,获得(厦门航空机务部)课题(组)经费或实验室的资助,在(厦门航空有限公司机务部基地分部工艺技术处)实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ☒ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

风挡是飞机的重要部件，不仅仅起到观察的作用，所有窗户都能承受客舱的增压压力，并且能抗鸟击，具有安全失效特性。所以航空公司对于风挡的检查维护要求也很高，同时就导致了风挡更换的频率升高，维修成本加剧。

各个公司在更换风挡后都是将风挡送修，这项维修能力原来只有国外几家风挡生产厂家才能达到，而且维修的人工费，航材费用十分高昂。并且送修的周期也较长，基本上都要达到 3 个月以上，这样就给航空公司带来极大的备件成本和送修成本，占用了很大一部分维修费用。

本文依据波音公司的维修手册和 PPG 公司为波音公司提供的部件维修手册，结合多年的工作经验，对一些工序进行了优化，采用 BMS5-95 封严胶替代 PR-1425 封严胶，用 MIL-PRF-680 清洁剂替代 MIL-PRF-500 清洁剂，设计出波音 737-500 飞机活动风挡改装维修程序。主要包括风挡的分解、清洁、检查、润滑、组装、测试等几个方面内容。本维修程序解决了某航空公司没有维修波音 737-500 飞机活动风挡改装维修规范的问题，使其具备开展相关业务的能力。在保证维修质量的前提下，减少部件修理设备的采购成本，降低对进口昂贵设备的依赖，特别是有效地降低因活动风挡故障产生的送修成本、缩短送修周期，减少航材库存，为今后开展其他风挡的维修工作打下基础。

本文拟在遵守 CCAR145 部对维修民用航空器部件的合格审定及监督检查要求的条件下，通过经过局方批准的程序，自行设计 737-500 飞机活动风挡改装维修程序，该程序可以满足 737-500 飞机活动风挡改装，并且通过测试符合 BOEING 标准，符合 OHM 手册要求。最终通过局方监察员的评审验收。

关键字：飞机风挡；维修设计；测试

Abstract

Windshield is an important part of the aircraft, not only used for observation, all the windows in the cabin can bear the interior cabin pressure and resist bird-strike, featuring a security lapse. Therefore, Airlines have high requirements on the windshield inspection and maintenance, which at the same time has led to increased frequency of windshield replacement and increased maintenance costs.

Every company send the removed windshields for repair. The repair capability is only acquired by a few foreign manufacturers, and the cost of labor and material is very expensive. Moreover the repair cycle is quite long, basically taking more than 3 months. Thus, Airlines will have to input large sums of money to prepare spare parts and repair costs, which will take up a significant portion of maintenance costs.

The procedures refer to maintenance manual of The Boeing Company and component maintenance manual of PPG Company. combined with years of work experience, replace PR-1425 sealant to BMS5-95 sealant, replace MIL-PRF-500 cleanser to MIL-PRF-680 cleanser, design of B737-500 aircraft windshield repair program. includes windshield decomposition, cleaning, inspection, lubrication, assembly, testing, and several other aspects. the maintenance procedures to solve a certain airline's failure to repair No2 windshield of B737-500 aircraft. the premise of ensuring the maintenance quality, reduce cost of procurement of equipment repair parts, reduce dependence on imported costly equipment particularly effective in reducing failures due to No2 windshield repair costs, shorten the repair cycle aircraft materials to reduce inventory for future maintenance work carried out in other windshield basis, improve the research capability of worker.

The procedures designed includes the disassembly of windshield, cleaning, inspection, lubrication, assembly, and testing . The procedures refer to maintenance manual of The Boeing Company and component maintenance manual of PPG Company.

The article, in compliance with civil aircraft components certification, and supervision and inspection requirements stated in CCAR 145, through the procedures of Xiamen Airliens approved by authority, introduce the self-design B737-500 No.2 windshield modification and maintenace procedures, which are quailfied for modification and pass tests to meet Boeing Standards, Overhaul manual requirements, finally accepted by authorized supervisor.

Key words: Aircraft Windshield; Maintenance Design; Test

目 录

第一章 绪论	1
1.1 课题的选题背景	1
1.2 国内外部件维修现状	2
1.3 航空公司风挡维修状况	3
1.4 论文的主要研究任务	4
第二章 飞机活动风挡的简介	6
2.1 飞机风挡的分类	6
2.2 飞机风挡玻璃的工作环境	8
2.3 波音737-500飞机活动风挡简介	8
第三章 波音737-500飞机风挡维修方案的设计	11
3.1 波音737-500飞机风挡分解组装程序的设计	12
3.1.1 活动风挡的分解	14
3.1.2 组装前的工作准备	18
3.1.3 清洁	20
3.1.4 检查部件	23
3.1.5 玻璃本体检查	26
3.1.6 润滑机构	27
3.1.7 组装风挡组件	27
3.2 飞机风挡维修的检验要求设计	30
3.3 飞机风挡维修工卡设计	33
第四章 活动风挡维修质量的测试	35
4.1 绝缘性测试	35
4.2 机械测试	36
4.3 气密性测试	37
第五章 总结与展望	43
附录	45
参考文献	58
致 谢	59

厦门大学博硕士论文摘要库

CONTENTS

ChapterI Introduction.....	1
1.1 Background Of The Project Research	1
1.2 The Repair Parts Market Situation.....	2
1.3 Airline Windshield Repair Condition	3
1.4 The Main Content Of The Thesis	4
ChapterII Introudution Of The Aircraft Windshield	6
2.1 The Classification Of The Windshield	6
2.2 The Working Environment Of The Windshield	8
2.3 Introudution Of The B737-500 No.2 Windshield	8
ChapterIII The Design Of 737-500 Aircraft Windshield Repair	
Program.....	11
3.1 The Design Of 737-500 Aircraft Windshield Assembly Program .	12
3.1.1 The Disassemble Of No2 Windshield.....	14
3.1.2 Ready To Pre-Assembled	18
3.1.3 Clean.....	20
3.1.4 The Parts Check	23
3.1.5 Glass Body Check.....	26
3.1.6 Lubrication.....	27
3.1.7 Assembly Windshield Components	27
3.2 Design The Check Demand Of 737-500 Aircraft Windshield.....	30
3.3 Design The Windshield Maintenance Job Card	33
ChapterIV The Design Of Test Procedures	35
4.1 Insulation Testing.....	35
4.2 Mechanical Testing	36
4.3 Air Tightness Testing.....	37
ChapterV Conclusion And Prospec	43
Appendix	45
References.....	58
Acknowledgements.....	59

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1.1 课题的选题背景

民用航空维修（MRO）即飞机维修与翻修（Maintenance、Repair and Overhaul），中国民航总局于 2005 年颁布实施的《民用航空的维修单位合格审定规定》CCAR-145R3 部第 3 条将民用航空维修解释为：对民用航空器或者民用航空部件所进行的任何检测、修理、排故、定期检修、翻修和改装工作。民航维修部门是民航正常运作的重要保障单位，负责保持飞机处于适航和可用状态并保证航空器能够安全运行。

近几年，我国民用航空业随着国民经济的增长，每年以 10%以上的高增长率发展，航空运输业的繁荣也促进了民航维修业的发展^[1]。航空维修行业的市场容量与国内的飞机数量存在正相关，2005 年底我国约有各种民用飞机 1246 架，根据国内预测，未来二十年内中国民航需要补充各型民用客机近 2000 架。而飞机的维修成本占航空公司总成本的 10%—20%，维修的费用则达到了购机费用的 2/3，因此航空维修市场的容量很大^[2]。其中部附件维修（Component）在维修费用中占了 23%（见图 1.1）。随着航空器维修业的发展，部附件维修在维修行业中的比重将越来越大。

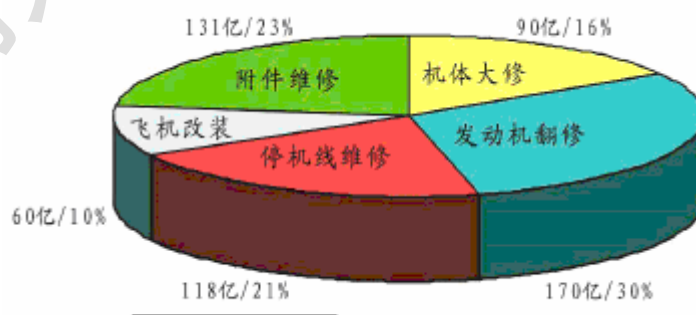


图 1.1 全球 MRO 市场专业领域分布

民用航空维修行业是资本密集和技术密集型行业^[3]。航空维修具有极强的专业性，与民航飞机的飞行安全直接相关受各国民航管理部门监管，采取了较为严格的许可证管理制度。因此，民航维修行业具有以下特性^[4]：

- 1、进入的资本要求和行业技术壁垒高。
- 2、行业许可制度严格。
- 3、民航维修企业的管理人员和维修人员的要求高。
- 4、民用航空维修的不定性和时效性。

1.2 国内外部件维修现状

根据业内的一份国内民航维修企业及航空公司维修能力调查显示，现在国内从事部件维修的除一些原设备制造商，如厦门霍尼韦尔太古宇航有限公司、罗克韦尔自动化与航空电子(上海)有限公司等对本公司产品进行专项维修的企业外，还包括一些得到有关当局许可的维修商，如：四川海特高新技术股份有限公司、航新航空工程(集团)有限公司、北京华瑞飞机部件维修服务有限公司等。而在所有这些企业中，四川海特高新技术股份有限公司在雇员人数、优良资产和资源、部件维修市场占有率等方面处于全国部件维修企业的首位。从国内航空部件维修的技术发展不难发现，近 10 年来，随着航空运输业的迅猛增长，国内厂商和航空公司自行研制开发了多项重大技术，与国际航空维修业的差距不断缩小，整个行业也伴随着技术进步不断发展壮大^[6]。

我国自 1985 年以来，开始大批引进新飞机，维修企业也相应地从 20 世纪 90 年代初的不到 100 家，发展到 2001 年的 280 家维修单位，数量的增长相当快。我国目前已经基本具备了各型飞机的结构修理能力，形成四大格局：北京 Ameco、广州 GAMECO 和厦门太古以及上海东航维修基地，很多的电子设备和机械部件都在国内进行修理。

民用航空维修业的产值增长得非常快。1995 年，国内零备件约有 95%以上送到国外修理，但到 2000 年，国内维修单位吸收了 30%~40%的零部件的修理。中国加入 WTO 以后，国外的原设备制造商（OEM）会更多地进入中国维修市场，厦门航空维修业的发展就是一个很好的例子。照此发展下去，今后 10 至 20 年内，中国将成为亚太以至世界的航空维修业的中心。

1.3 航空公司风挡维修状况

航材送修费用占航空公司维修成本比率极高,有的航空公司平均一年航材送修费用高达 6000 万人民币(不包括发动机送修费用),风挡维修工作属于部件维修的一种,要进行风挡修理工作必须具有符合 CCAR145 部规定的风挡维修方案、厂房、工具、器材等,并通过民航安监部门的部件修理审核。其中设计风挡维修方案是整个工作的重点。飞机活动风挡常见的故障为玻璃损坏,磨损超标等,根据某航空公司航材管理系统的活动风挡送修数据统计(见图 1.2),2008 年度 737-500 型的件数为 3 块,737NG 系列为 9 块,757-200 型为 3 块,每块故障件的送修成本:基础修理费用 1 万美元,换件成本和工时费用另计;同时国内送修周期一般为 3 个月。据某公司航材部门统计,2008 年度的活动风挡送修费用达到 200 万/年,而且这个费用随着机队的扩大将不断增加。送修期间需要库存备件,以防部件故障影响飞行安全,按适航要求,风挡超标飞机是不能适航的。因此,开展飞机风挡修理能有效地降低送修成本,同时大大地缩短送修周期,减少航材库存件,减少飞机停场的几率。

XX 航空公司活动风挡部件送修统计	
名称	2008 年度
737-500 活动风挡	3
737-NG 活动风挡	9
757-200 活动风挡	3
合计	15

图 1.2 XX 航空 2008 年活动风挡送修状况

某航空公司为了节约成本,降低飞机由于风挡超标而导致的飞机停场,早在 1999 年就开始开展活动风挡的简单维修工作,当时主要还是更换玻璃组件,并没有深入的对活动风挡的其余组件部分进行维护,这样就导致了由于风挡的其他组件故障而造成的使用困难的情况一直无法解决。并且其主要操作还都是依据部件手册(CMM)来维护,没有自己的维修程序。且因为部件手册要求的内容较

为繁琐，更造成维护工期长、人工花费多等问题。

2007 年 11 月 30 日，中国民航总局飞行标准司下发关于《维修单位清理整顿计划》的通知，要求对取得国内维修许可证的单位进行一次清查。目的是要严格和统一维修单位的审查标准，促进我国民用航空维修业的持续健康发展，并逐步向集中管理、做大做强过渡，保证航空安全，更好地支持我国航空运输业的持续发展^[7]。

2008 年，民航安监办展开了全国范围的维修单位维修资格审定^[9]，作为部件维修的一个项目，某航空公司的活动风挡维修也接受了审查，遗憾的是，由于没有标准的维修程序，航空公司的活动风挡维修项目被检查出了很多问题。比如没有标准的操作车间，没有固定的维修班底，最主要的是没有成文的维修工卡，只能按照部件手册操作，给工作者操作带来很大的不便。由于以上原因，安监办责成该航空公司对风挡维修项目进行整改，待到符合所有审定标准才能重新开展活动风挡部件维修项目。

因此需要开展飞机风挡修理能力的维修许可申请，按照 CCAR-145 的要求全面建立部件修理管理体系，达到降低维修成本、提升维修部门部件修理的能力的目标；同时也可借助新的维修项目，开拓第三方修理业务，为航空公司带来高额的第三方收入。

1.4 论文的主要研究任务

论文的主要任务是研究设计波音 737-500 飞机活动风挡的维修程序，制定规范的操作流程，使其符合 BOEING 标准和 CMM 手册要求。提高工作效率，减少发生人为错误的可能性，降低维修成本。具体包括以下几方面：

1. 通过研究学习波音公司的维修手册和部件手册，结合多年的工作经验，设计波音 737-500 飞机活动风挡的维修程序。包括活动风挡的分解、清洁、检查、润滑、组装等相关步骤。
2. 通过实验，与波音公司的维修手册进行比对，在封严胶使用、检测手法、清洁溶液使用等方面对维修程序进行优化。
3. 为了对各操作工序进行有效监控，实现其在操作中的可靠性，设计波音 737-500 飞机活动风挡的检验程序，提出各工序的质量标准。

4. 对活动风挡的维修质量进行绝缘性测试、机械性能测试和气密性测试，以验证维修程序的正确性、可靠性和可操作性等。
5. 编写适合操作的维修工卡，使每道工序的操作都能标准化和规范化，提高维修质量。

第二章 飞机活动风挡的简介

2.1 飞机风挡的分类

1903 年 12 月 17 日，美国的莱特兄弟制造出了人类历史上的第一架飞机，这标志着人类飞行史的开始。从 1903 年到第一次世界大战，飞机都是在对流层里飞行，飞机上的窗户还只是起到观察，挡风的作用。并没有承受什么压力，要求也不会太高，基本上都是用普通玻璃制造。

随着科技的发展，飞机飞的越来越高，越来越快，对飞机的结构要求也越来越高，飞机的风挡玻璃不仅仅是起到观察的作用，而且所有窗户都能承受客舱的增压压力，并且能抗鸟击，结构强度有了大大的提高。

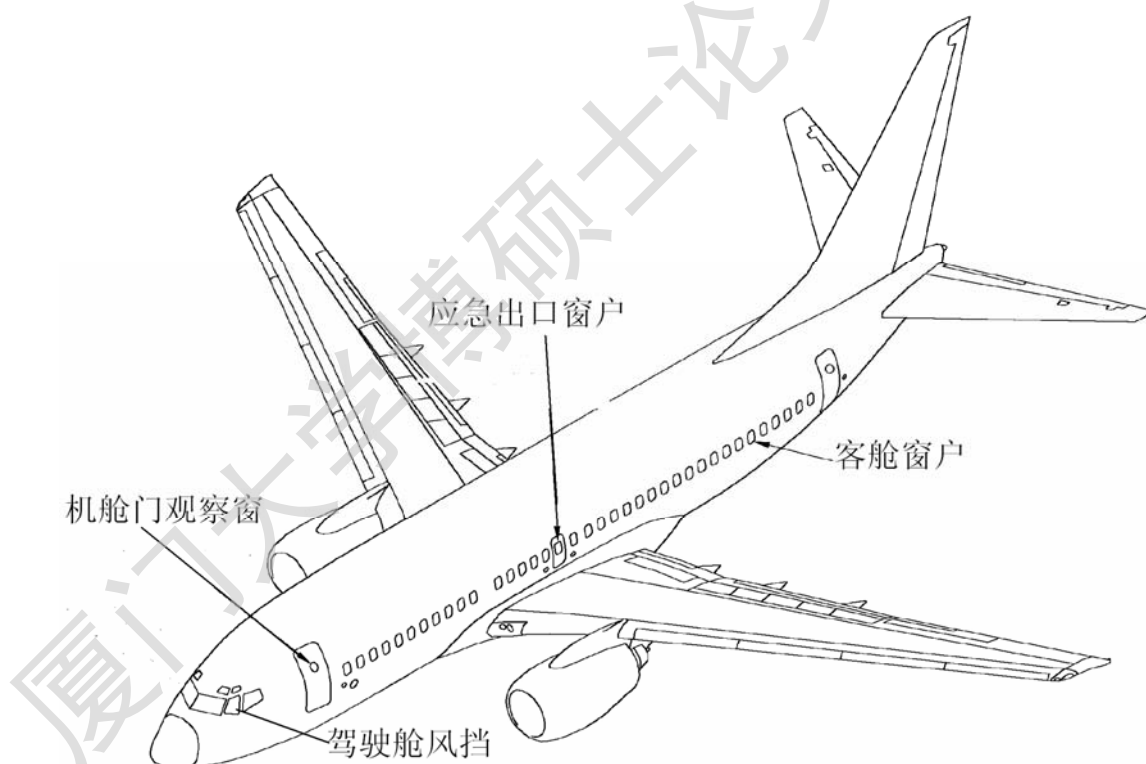


图 2.1 各种窗户区域分布^[16]

飞机上有以下几种窗户类型（见图 2.1）：

1、驾驶舱风挡

驾驶舱共有 10 块风挡，左侧和右侧各有 5 块。固定风挡为 1 号、3 号、4 号、5 号风挡，主要作用是让机组人员可以观察正前方和左右两侧的外部情况，及时

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库